

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-177053

(43)Date of publication of application : 21.07.1988

(51)Int.Cl.

G01N 27/83

(21)Application number : 62-009743

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 19.01.1987

(72)Inventor : MUROTA SHOJI

KAMIMURA YOSHIO

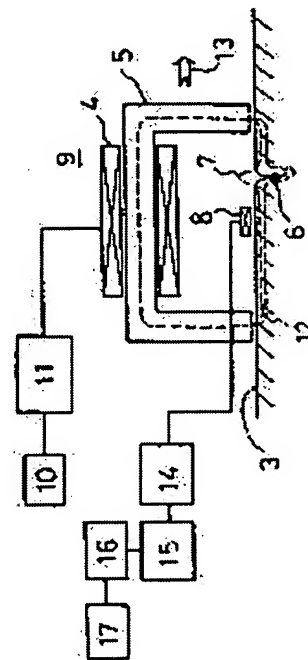
SASAKI YUKITO

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING SURFACE FLAW OF STEEL MATERIAL

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To detect the surface flaw of a steel material at a high S/N ratio, by a small-sized lightweight apparatus constituted so that a high frequency magnetizing current is supplied to an AC magnetizer and large leakage flux is generated in the surface flaw part of an object to be inspected.

**CONSTITUTION:** A surface flaw detection terminal 9 constituted of a small-sized magnetizer consisting of a magnetizing coil 4 and a magnetizing core 5, and the search coil 8 arranged between the magnetizing core poles of said magnetizer is provided in the vicinity of the surface of a ferromagnetic object 3 to be inspected. When the high frequency current from an AC oscillator 10 is amplified by a power amplifier 11 to be supplied to the magnetizing coil 4, high density flux 12 is formed to the surface area of the object 3 to be inspected through the magnetizing core 5 by the surface effect of high frequency. This flux 12 generates leakage flux 7 at the part of the surface flaw of the object 3 to be inspected. When the surface of the object 3 to be inspected is scanned in the direction shown by an arrow 13 by the detection terminal 9, the leakage flux is detected by the search coil 8. This surface flaw detection signal is amplified by an amplifier 14 and further detected in its phase by a phase detector 15 to be recorded and displayed on a display device 17 through a filter 16 removing a noise component of extremely low frequency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-177053

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)7月21日

G 01 N 27/83

6860-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 鋼材の表面疵探傷方法および装置

⑯ 特 願 昭62-9743

⑰ 出 願 昭62(1987)1月19日

⑱ 発 明 者 室 田 昭 治 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式  
會社第3技術研究所内  
⑱ 発 明 者 上 村 良 夫 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式  
會社第3技術研究所内  
⑱ 発 明 者 佐々木 幸 人 福岡県北九州市八幡東区枝光1丁目1番2号 日鐵電設工  
業株式会社内  
⑲ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
⑳ 代 理 人 弁理士 杉 信 興

#### 明 細 書

##### 1. 発明の名称

鋼板の表面疵探傷方法および装置

##### 2. 特許請求の範囲

(1) 被検体鋼材の表面近傍に設けられる磁化コイルと磁化コアとからなる小型の交流磁化器と、該交流磁化器の磁極間に設けられるサーチコイルによって構成される表面疵検出端を用い、かつ、前記交流磁化器に10~100kHzの高周波磁化電流を供給して被検体の表面疵部に大きな漏洩磁束を生ぜしめ、該漏洩磁束をサーチコイルによって検出することを特徴とする鋼材の表面疵探傷方法。

(2) 被検体鋼材の表面近傍に設けられる磁化コイルおよび磁化コアとからなる小型の交流磁化器と該交流磁化器の磁極間に設けられたサーチコイルとによって構成された表面疵検出端と、前記交流磁化器に10~100kHzの高周波数の磁化電流を供給する交流発振器および電力増幅器と、被検体鋼材の表面疵部からの漏洩磁束を検出するサーチコイルと、該サーチコイルからの検出信号を増幅する

受信増幅器と、増幅後の信号の位相を検波する位相検波器と、位相検波後の信号から雑信号を除去するフィルタと、該雑信号除去後の表面疵検出信号を記録する記録器とからなる鋼材の表面疵探傷装置。

##### 3. 発明の詳細な説明

###### 〔産業上の利用分野〕

本発明は、鋼管、棒鋼、厚板、ビレット等の鋼材の表面に生じる、割れ疵、ヘゲ疵、掻き疵、押し込み疵等の表面疵を検出する漏洩磁束探傷方法および装置に関するものである。

###### 〔従来の技術〕

鋼材の表面疵を検出する手段として、従来、磁気探傷法や渦流探傷法が多く用いられている。漏洩磁束探傷方法は、磁気探傷法の1つであって、磁粉を用いない探傷方法として普及してきた方法であり、強磁性を有する鋼材を磁化したとき、その鋼材の表面に疵がある場合、表面疵部に生じる漏洩磁束を、各種の検出素子で電気信号として検出する探傷方法である。この漏洩磁束探傷方法は、

磁粉を用いる磁気探傷方法が、鋼材の表面疵の有無を定性的に検知するのみであるのに対し、鋼材の表面疵を、その存在とともに疵の深さ、長さを定量的かつ、客観的に把握し得る処から、主に自動探傷を目的として使われている。

漏洩磁束探傷方法にあっては、通常、被検体の表面疵部に漏洩磁束を生ぜしめるための幾つかの磁化方法がある。

第2a図および第2b図に、その代表的な磁化方法の例を示す。第2a図に示すものは、ヨーク法によって鋼管1の周方向に磁束2を形成させ、管軸方向に延在する表面疵を検出するのに有効な磁化方法であり、第2b図に示すものは、コイル法によって鋼管1の軸方向に磁束2を形成させ、管周方向に延在する表面疵を検出するのに有効な磁化方法である。

この他に、電流貫通法や軸通電法等も用いられる。

これら各磁化方法においては、さらに、直流磁化方法と交流磁化方法があり、たとえば、技術雑

用いられている。

しかしながら、これらの検出素子は、単位センサー当たりの有効寸法が小さい、温度依在性が高い、機械的強度が低い等の面で実用上の難点がある。

たとえば、センサー当たりの有効寸法が小さいと、被検体のサイズが大きい場合、探傷に必要なセンサーの個数が多くなり(たとえば数百~千個)、それに伴って検出信号処理器を多チャンネル化することが必要となり、設備費の増大が問題となる場合が生じてくる。

本発明は、上に述べた従来技術における問題点を解決し、小型軽量でかつ、高い水準のS/N比下に鋼材の表面疵を検出する方法および装置を提供することを目的としてなされた。

[問題点を解決するための手段]

本発明の特徴とする処は、被検体鋼材の表面近傍に設けられる磁化コイルと磁化コアとからなる小型の交流磁化器と、該交流磁化器の磁極間に設けられるサーチコイルによって構成される表面疵

誌「非破壊検査」第30巻、第7号、P468~477(1981年)にこれらが開示されている。

[発明が解決しようとする問題点]

しかしながら、前述の直流磁化方法にあっては、被検体のサイズが大きくなるほど大型の磁化器で多大の磁束を投入することが必要となり、これは、被検体の全表面の探傷に必要な搬送を困難にすることにつながる。また、大型の磁化器やその電源および被検体の搬送ラインに必要な設備費が大きくなる問題がある。

一方、前述の交流磁化方法にあっては、従来、3~4kHz程度以下の周波数が用いられているが、被検体の移動速度が大なる場合、断続的に末探傷域が生じる問題がある。

また、最近の漏洩磁束探傷方法においては、被検体の表面疵部の漏洩磁束を検出する検出素子として磁気感度の良好な、たとえばホール素子、半導体磁気検出子、磁気ダイオード、磁気抵抗素子等が多用されている。特開昭60-147647号公報に開示されている検出素子には、感磁ダイオードが

検出端を用い、かつ、前記交流磁化器に10~100kHzの高周波磁化電流を供給して被検体の表面疵部に大きな漏洩磁束を生ぜしめ、該漏洩磁束をサーチコイルによって検出するにある。

以下に、この発明を、詳細に説明する。

本発明は、被検体を、10~100kHzの高周波電流を利用して磁化することにより、磁化器を小型軽量としかつ、被検体表面に高磁場を形成し、表面疵部の漏洩磁束を増やし、この漏洩磁束をサーチコイルによって高感度で検出するものである。このサーチコイルには、差動コイル式を用いることにより、被検体の形状、サイズや、所要の検出感度に応じて自由に適正サイズへの増減を可能ならしめる。

即ち、小型、軽量の磁化器とサーチコイルからなる小型検出端を用いることができ、走査性が良好でかつ、数十m/min以上の高速探傷も可能とする。

また、検出素子にサーチコイルを用いて、大型の被検体に対しても有効探傷幅を拡大することに

より、所要検出端チャンネル数を減少せしめ得る。

さらに、検出端は、簡易な構成であり、製作が容易かつ安価でまた、検出感度が良好で温度の影響も僅かであり、探傷時の機械的損傷も受け難い等の優れた特徴を有する。

以下に、実施例に即して、本発明をさらに詳細に説明する。

第1図に、この発明になる漏洩磁束探傷方法の原理および装置構成を示す。

強磁性の被検体3の表面近傍に、磁化コイル4と磁化コア5からなる小型の磁化器と、この磁化器の磁化コア極間に配設されるサーチコイル8とによって構成される、表面疵検出端9を設ける。サーチコイル8は、被検体3の表面疵6からの漏洩磁束7を検出する。

表面疵検出端9の磁化コイル4に、交流発振器10によって発生された高周波電流を、電力増幅器11で増幅して供給することによって、高周波数の表皮効果により被検体3の表面域には、磁化コア5を介して高密度の磁束12が形成される。

面と磁化器の先端面とのギャップを2.0mmとした場合でも被検体3とした厚板の表面に、磁場強さ300A/mmの高強度の磁場を形成することができた。

磁化器を、上述の設定条件とし、10mmの有効探傷幅18を有する差動コイル方式のサーチコイル8と組合せた表面疵検出端9を用いた場合、サーチコイル面と被検体3との間隔すなわちリフトオフ量を2.0mmに保持し、被検体3である厚板表面に加工した、深さ0.1~0.5mm、長さ10mmの人工表面疵を、高いS/N比の下に検出できた。

第4図及至第10図に、この発明になる表面疵検出端の基本性能の一例を示す。

第4図に、被検体3に形成される表面磁場を一定とした場合、探傷周波数によって磁化コア5に生じる全磁束量の変化を示す。この図から、探傷周波数を高くするほど磁化コイルに生じる全磁束量は少なくてよいことがわかる。

このことは、周波数を高くすれば、磁化コイルに供給する起磁力が小さくてよいことを示している。これは、磁化器に必要な電力を軽減できるこ

この磁束12は、被検体3の表面疵6の部分で漏洩磁束7を生じる。そこで、表面疵検出端9を、被検体3の表面上の矢印13方向に走査すると、漏洩磁束7は、サーチコイル8によって検出され電気信号となる。この表面疵検出信号は、増幅器14で増幅され、疵信号とノイズ信号との位相を弁別する位相検波器15によって位相検波される。この疵信号は、さらに、極低周波数のノイズ成分を除去するフィルタ16を介して記録器17に記録・表示される。

#### 〔実施例〕

第3図に、この発明になる漏洩磁束探傷用検出端の一例の概略を示す。

磁化器を構成する磁化コア5は、アモルファスシートを積層して形成されている。

磁化コア5による磁路長は、85mmとし、磁化コイル4には該コイルと直列共振をなすよう回路構成した電力増幅器11を接続し、交流発振器10で周波数50kHzの高周波電流を発生させ、磁化コイル4に起磁力200ATを与えた処、被検体3の表

面と磁化器自体を小型、軽量化できることを意味している。

第5図に、被検体3に形成される表面磁場を一定とした場合の、探傷周波数に対する表面疵検出信号のS/Nとの関係を示す。なお、表面疵として深さ0.3mm、長さ10mmのスリット状人工表面疵を用いている。以下に示す、第6図及至第10図において使用した人工表面疵は、全て同一であり、探傷周波数は、50kHzで一定としてもものである。

第5図から、探傷周波数を高くするほど、表面疵検出信号のS/N比が向上することがわかる。これは、発明者等によって得られた、全く新しい知見である。

第6図に、被検体3の表面磁場強さに対する表面疵検出信号のS/N比の関係を示す。表面磁場を強めるほど、検出信号のS/N比は、高くなる。

第7図に、表面疵検出端のリフトオフ特性を示す。リフトオフ量が、5.0mmと大きくなっても、実用可能な検出信号のS/N比が得られている。

第8図に、表面疵深さに対する、検出信号の

S/N比の関係を示す。表面疵深さが、大きくなるほど、当然、S/N比が向上することを示している。

第9図に、表面疵検出信号波形の一例を示す。疵深さ0.1mmにおいても、良好なS/N比が得られている。

第10図に、サーチコイルの有効探傷幅に対する表面疵検出信号のS/N比の関係を示す。図から明らかなように、単位サーチコイル当たりの有効探傷幅を、80mm程度まで拡大しても、実用可能なS/N比が得られる。

#### 〔発明の効果〕

叙上の如く、本発明になる表面疵検出端を用い、探傷周波数として10～100kHzの高周波磁化を利用して、高表面磁場下での表面疵検出を行うことにより著しく良好なS/N比の下での探傷が可能となる。

また、この発明になる表面疵検出端は、小型、軽量で製作も容易であり、被検体の形状、サイズ或は材質に応じて有効探傷幅を適正かつ、フレキシブルに変更して設計、製作することが可能であ

被検体面に平行なコイル軸芯を有する差動コイル方式を示したが、軸芯が被検体面に垂直なコイル形式でもその効果は変わらない。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の漏洩磁束探傷法の原理および探傷装置の構成を示すブロック図である。

第2a図は従来の、代表的な磁化方法の1つであるヨーク法の実施態様を示す正面図であり、第2b図は従来のコイル法の実施態様を示す側面図である。

第3図は、本発明の漏洩磁束探傷用検出端の一例を示す斜視図、第4図は、探傷周波数に対する、第3図に示す検出端の磁化コアに生じる全磁束量の関係を示すグラフ、第5図は、発明者等の新たな知見になる、探傷周波数に対する、表面疵検出信号のS/N比の関係を示すグラフ、第6図は、被検体の表面磁場強さに対する表面疵信号のS/N比の関係を示すグラフ、第7図は、表面疵検出端のリフトオフ特性を示すグラフ、第8図は、表面疵深さに対する表面疵検出信号のS/N比の関係を示

り、実用上、技術的にも設備費的にも多くの利点を有する。

さらに、探傷周波数が高いために、数十m/min以上の高速で移動する被検体に対しても末探傷域を生ぜず、走査性も極めて良好でありかつ、リフトオフを大きくできる処から自動探傷に適用すればより有効に利点を活用できる。

また、検出素子としてサーチコイルを用いるため、汎用の半導体感磁素子に比べて、被検体やその近傍の温度の影響も受け難いので、熱間材(キュリー点以下の温度域)の探傷にも応用できる。

このように、本発明の漏洩磁束探傷方法および装置によって、実用的に極めて有効な表面疵探傷が可能となる。

なお、本発明の実施例では、磁化器の磁化コアとしてアモルファスコアを用いたけれども、電磁鋼やフェライトコアを用いても勿論よい。

また、被検体は、鋼管、板材、棒材、ビレット等何れにも適用可能である。

さらに、検出素子として用いたサーチコイルは、

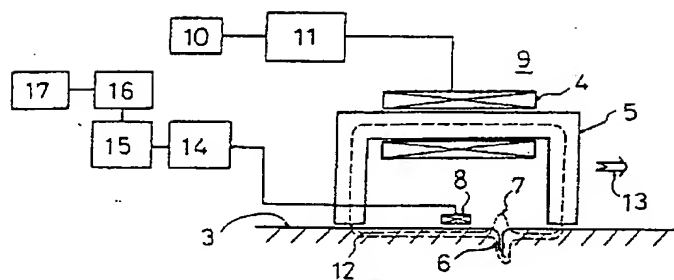
すグラフ、第9図は、表面疵検出信号波形の一例を示す波形図、第10図は、サーチコイルの有効探傷幅に対する表面疵検出信号のS/N比の関係を示す図グラフである。

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1: 鋼管     | 2: 磁束     |
| 3: 被検体    | 4: 磁化コイル  |
| 5: 磁化コア   | 6: 表面疵    |
| 7: 漏洩磁束   | 8: サーチコイル |
| 9: 検出端    | 10: 交流発振器 |
| 11: 電力増幅器 | 12: 磁束    |
| 13: 矢印    | 14: 増幅器   |
| 15: 位相検波器 | 16: フィルタ  |
| 17: 記録器   | 18: 有効探傷幅 |

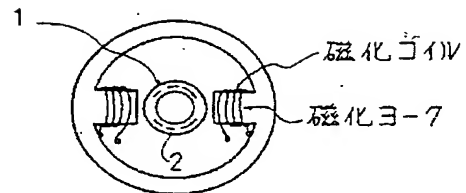
特許出願人 新日本製鐵株式会社

代理人 弁理士 杉 信 興

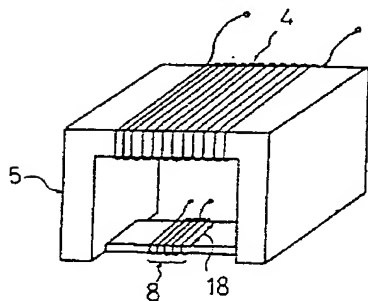
第 1 図



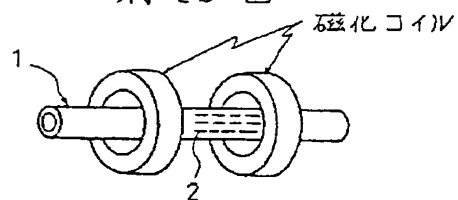
第 2a 図



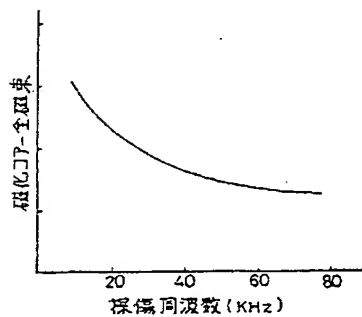
第 3 図



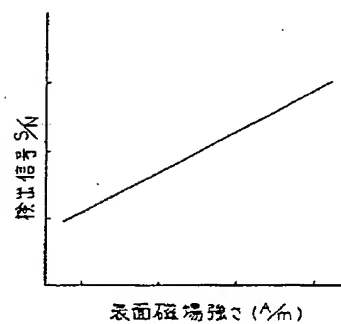
第 2b 図



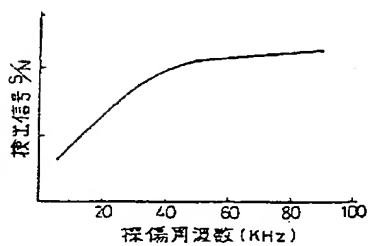
第 4 図



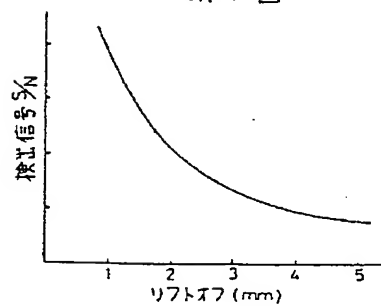
第 6 図



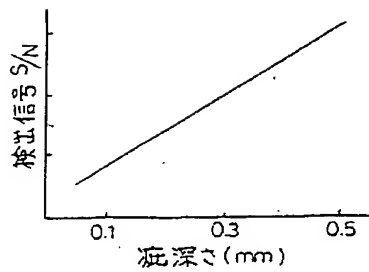
第 5 図



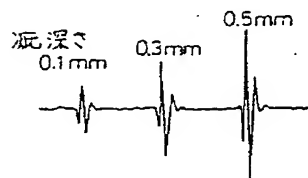
第 7 図



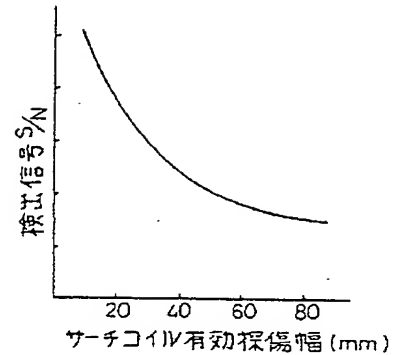
第8図



第9図



第10図



手続補正書 (自発)

昭和62年 3 月 3 日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 昭和62年特許願第009743号
2. 発明の名称 鋼材の表面疵探傷方法および装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都千代田区大手町二丁目6番3号

名称 (665) 新日本製鐵株式会社

代表者 武田 登

4. 代理人 〒103 電話 03-864-6052

住所 東京都中央区東日本橋2丁目27番6号

昭和ビル4階

氏名 弁理士(7696) 杉 信 興

5. 補正の対象 明細書の発明の詳細な説明の欄  
および図面の簡単な説明の欄

6. 補正の内容

- (1) 明細書第4頁第13行目の「未探傷」を「未探傷」に訂正する。
- (2) 明細書第9頁第3行目の「3000 A/m」を「5000 A/m」に訂正する。
- (3) 明細書第9頁第20行目の「電力」を「流」に訂正する。
- (4) 明細書第10頁第9行目の「…一定としても」を「…一定としたもの」に訂正する。
- (5) 明細書第12頁第4行目の「未探傷」を「未探傷」に訂正する。
- (6) 明細書第14頁第4行目の「図グラフ」を「グラフ」に訂正する。

62.6.9

平成 1. 8. 21 発行

手続補正書

特許法第17条の2の規定による補正の掲載

平成 元年 4月 2

昭和 62 年特許願第 9743 号(特開昭  
63-177053 号, 昭和 63 年 7 月 21 日  
発行 公開特許公報 63-1771 号掲載)につ  
いては特許法第17条の2の規定による補正があっ  
たので下記のとおり掲載する。 6 ( 1 )

特許庁長官

殿

1. 事件の表示 昭和62年特許願第009743号
2. 発明の名称 鋼材の表面疵擦傷方法および装置
3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区大手町二丁目6番3号

名 称 (665) 新日本製鐵株式会社

代表者 齋藤 裕

4. 代理人 〒103 電話 03-864-6052

住 所 東京都中央区東日本橋 2丁目 27番 6号

昭和ビル 4階

氏 名 弁理士(7696) 杉 信 興

5. 補正の対象 明細書の発明の名称の欄

6. 補正の内容

明細書第1頁3行目の発明の名称を

「鋼材の表面疵擦傷方法および装置」に訂正する。

Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号
G01N 27/83		6860-2G

